UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER N° 43

FACULTÉ DE MÉDECINE

Etude du Rythme cardiaque et de la pression artérielle au cours du travail musculaire prolongé

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine de Montpellier

Le 30 Avril 1937

PAR

Georges FRÉCHINOS

Né le 25 Octobre 1912, à Perpignan (Pyrénées-Orientales)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

JURY : MM. HEDON, prof. président.
GIRAUD, professeur.
PUECH, professeur
COLL DE CARRERA, agrégé.
Assesseurs.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, RUE DES SAUVAGES

1937

ETUDE DU RYTHME CARDIAQUE ET DE LA PRESSION ARTERIELLE AU COURS DU TRAVAIL MUSCULAIRE PROLONGE

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER N° 43

FACULTÉ DE MÉDECINE

Etude du Rythme cardiaque et de la pression artérielle au cours du travail musculaire prolongé

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine de Montpellier

Le 30 Avril 1937

PAR

Georges FRÉCHINOS

Né le 25 Octobre 1912, à Perpignan (Pyrénées-Orientales)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

JURY : MM. HEDON, prof. président.
GIRAUD, professeur.
PUECH, professeur
COLL DE CARRERA, agrégé.
Assesseurs.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, RUE DES SAUVAGES

1937

PERSONNEL DE LA FACULTE

Professeurs

Anatomie	MM. J. DELMAS
Histologie	TURCHINI
Physiologie	L. HEDON
Chimie biologique et médicale	CRISTOL
Physique médicale	PECH
Anatomie pathologique	GRYNFELTT
Microbiologie	LISBONNE.
Pathologie et thérapeutique générales	BOSC
Thérapeutique et matière médicale	BOUDET
Hydrologie thérapeutique et climatologie	PUECH
Hygiène	CARRIEU
Médecine légale et médecine sociale	GAUSSEL
Pathologie médicale et clinique propédeutique	GIRAUD
Clinique médicale	VIRES, ass.
	RIMBAUD
Clinique chirurgicale	MASSABUAU
	RICHE
Clinique obstétricale	P. DELMAS
Clinique des maladies mentales et nerveuses	EUZIERE, doyen
Clin. des mal. des enfants et hyg. du premier âge	LEENHARDT
Clinique de dermatosyphiligraphie	MARGAROT
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	ETIENNE
Clinique des maladies des voies urinaires	JEANBRAU
Clinique gynécologique	LAPEYRE
Clinique ophtalmologique	VILLARD
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	TERRACOL
Matière médicale (Ch. de c.)	CABANNES
Radiologie (Ch. de c.)	LAMARQUE
Anatomie (Ch. de c.)	LAUX
Histologie (Ch. de c.)	GRANEL

Honorariat

Professeurs honoraires :

MM. RODET, TEDENAT, VALLOIS
FORGUE, ESTOR, BERTIN-SANS et GALAVIELLE

Chargés de Cours Complémentaires

Pathologie expérimentale	MM. PAGES
Pathologie externe	AIMES
Médecine opératoire	SOUBEIRAN, ag. libre.
Accouchements	COLL DE CARREI
Clinique phtisiologique	GAUSSEL, prof.
Clinique propédeutique médicale	BAUMEL
Clinique des maladies contagieuses	JANBON
Stomatologie	Dr WATON

Agrégés en exercice

Chirurgie	MM. AIMES
	MOURGUE-MOLINES
	GUIBAL
	ROUX
Médecine	MM. BOULET
	PAGES
	JANBON
	BAUMEL
	VIDAL
	P. RIMBAUD
Obstétrique	COLL DE CARRERA
Bactériologie	CARRERE
Ophtalmologie	DEJEAN

Examinateurs de la Thèse

MM. HÉDON, Prof. président.
GIRAUD, Professeur.
MM. PUECH, professeur
COLL DE CARRÉRA, Agrégé

La Faculté de Médecine de Montpellier déclare que les opinions émises dan les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propre à leur auteur et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MON PERE, A MA MERE

Je leur dois tout. Puissent-ils trouver ici, l'humble témoignage de ma profonde affection.

A MON FRERE RENE

A MA SŒUR MARIE-DENISE

A MA FIANCEE

A MON ONCLE, A MA TANTE

Affectueux souvenir.

AUX MIENS, A MES AMIS

A MON JURY

A MON PRESIDENT DE THESE,

MONSIEUR LE PROFESSEUR HEDON

Il m'a toujours prodigué avec bienveillance ses précieux conseils. Qu'il veuille bien accepter l'hommage de mon affectueuse gratitude.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GIRAUD

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PUECH

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE

COL DE CARRERA

AU DOCTEUR EMILE ANDRIEU

Affectueux souvenir de nôtre amicale collaboration.

Introduction et Objet de ce travail

Les recherches qui ont fait l'objet de ce travail ont tendu à préciser le retentissement d'un exercice musculaire *de plusieurs heures de durée* sur l'appareil circulatoire.

Ainsi que l'a fait remarquer Andrieu dans sa thèse de doctorat sur «La ventilation et les échanges gazeux pulmonaires au cours de l'exercice musculaire prolongé », la plupart des auteurs se sont surtout attachés à l'étude des réactions de l'organisme résultant d'une activité musculaire *d'intensité variable mais de courte durée*. Nous avons donc observé, au cours de nos expériences, les *modifications de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle consécutives à un travail musculaire vraiment prolongé.*

L'influence de l'entraînement et de la fatigue sur le rendement musculaire de l'organisme a également retenu notre attention.

Historique

En dehors de la thèse de Merklen, nous ne pourrons fournir, à l'appui de nos conclusions, que de rares documents bibliographiques, souvent même incomplets. Nous mentionnerons, cependant, au cours de notre historique, les travaux les plus intéressants ayant trait aux modifications circulatoires résultant d'un exercice musculaire d'intensité variable et de courte durée.

Nous analyserons ensuite les résultats expérimentaux, peu nombreux, sur les modifications circulatoires au cours de l'exercice musculaire de durée prolongée.

Ces divers documents nous permettront de préciser à la suite de nos expériences, si les réactions de l'organisme à ces 2 types d'activité musculaire, prolongée et brève, sont franchement différentes ou ne présentent, alors, que des divergences négligeables.

Influence du travail musculaire sur le rythme cardiaque

La tachycardie d'effort, définie depuis très longtemps, fut étudiée au cours d'exercices nombreux et variés, mais l'analyse des diverses phases, qui se succèdent pendant l'accélération du rythme cardiaque est d'une observation plus récente.

Bowen (1904) cherche à déterminer les perturbations de la fréquence cardiaque et de la pression sanguine provoquées par le cyclisme sur bicyclette fixe. Son sujet d'expérience développe une puissance de 400 kilogrammètres par minute environ, ce qui est peu, et la durée de l'effort oscille entre 3 et 50 minutes.

L'auteur considère plusieurs phases au cours de l'accélération cardiaque résultant de l'exercice musculaire réalisé par son sujet : une première phase dite « *d'accélération primaire* », suivie d'une deuxième appelée « *accélération secondaire* » et qui persiste jusqu'à la terminaison de l'exercice ; parfois une période de stabilité du pouls sépare ces deux phénomènes.

Dès la cessation de l'activité musculaire, survient une chute brusque du rythme cardiaque appelée « *chute primaire* » ; une seconde période de stabilité du pouls est fréquemment observée. Enfin la fréquence cardiaque diminue lentement constituant la « *chute secondaire* ». Quant à la presion sanguine, son élévation suivrait uniquement l'accélération primaire du pouls.

Benedict et Cathcart (1913) considèrent les modifications du rythme cardiaque résultant d'un travail musculaire de forte intensité et de durée prolongée. Ils consta-

tent que, le travail étant terminé, la fréquence du pouls diminue rapidement d'abord, puis se maintient longtemps à un taux élevé, toujours supérieur au chiffre de repos.

Martin, Gruber et Lanman (1914), poursuivant l'étude de la tachycardie d'effort, retiennent, surtout, le phénomène de l'accélération persistante du pouls, observé après un exercice musculaire.

Plus récemment, Bellin du Coteau (1923) distingue 4 types d'efforts : L'effort intense, l'effort intense et prolongé, l'effort relatif et l'effort surprolongé ou de grand fond. Il signale, à propos de chacun d'eux, le taux d'accélération cardiaque qui en résulte. Cependant nous ne pouvons retrouver dans cette classification « *l'effort d'intensité variable et de plusieurs heures de durée* » qui nous intéresse.

Enfin Merklen (1926) dans sa thèse de doctorat apporte de nombreuses précisions sur les variations du rythme cardiaque à l'effort.

Il étudie la fréquence du pouls chez des coureurs cyclistes. Au départ d'une course de 150 kms, réalisant le type de travail musculaire que nous avons envisagé, le rythme cardiaque est de 78 pulsations par minute. Il atteint à l'arrivée le chiffre de 152. Chez un second sujet la fréquence des contractions cardiaques s'élève de 70 à 116 et chez un troisième de 66 à 120. L'auteur observe la différence entre le rythme cardiaque au départ et à l'arrivée et l'appelle « *accélération absolue* ».

Cette accélération absolue, que nous retrouvons au cours de nos expériences, atteint ici, chez les 3 coureurs précédents, les chiffres de 74, 46 et 54. Le 1er sujet présente une « accélération absolue » nettement plus élevée que les deux autres car il est arrivé au « sprint » et à ainsi surajouté un effort de type violent au travail musculaire prolongé déjà réalisé.

Au cours de compétitions sur 180 kms le taux d'accélération était, pour trois sujets, respectivement de 62, 18, et 44, le premier et le troisième coureur étant arrivés au sprint.

Une course de 350 kms détermine une accélération absolue de 24.

Merklen conclut justement que « la grandeur momentanée et la rapidité d'exécution du travail accompli ou de l'effort fourni exercent, sur l'intensité de l'accélération cardiaque une influence beaucoup plus marquée que la durée du travail ou sa quantité totale ».

L'auteur étudie enfin le temps de retour au calme et signale l'effet de l'entraînement qui en diminuerait la durée.

Nous mentionnerons en dernier lieu les travaux de Knipfer qui fournit dans son « Précis de médecine du sport » quelques chiffres sur la bradycardie d'entraînement que nous avons également observé.

L'auteur cite le cas d'un certain nombre de cyclistes poursuivant leur entraînement pendant 3 ans. La fréquence cardiaque était de 69 pulsations par minute durant la 1° année, de 64 au cours de la 2° et enfin de 56 pendant la 3° année d'entraînement. Nous avons observé ces mêmes faits, mais l'entraînement de nos sujets n'était guère supérieur à 3 mois.

Le professeur L. Hédon a eu l'occasion d'examiner un coureur cycliste célèbre qui avait participé maintes fois au « Tour de France cycliste » et gagné de nombreuses étapes au cours de cette épreuve. Le rythme cardiaque de repos chez ce sujet, était à peine, de l'ordre de 52 pulsations par minute. Par ailleurs, les résultats des épreuves d'adaptation cardiaque étaient excellents. N'est-ce pas une bradycardie d'entraînement ?

Influence du Travail musculaire sur la pression artérielle

En 1910, Pachon établit un rapport entre les modifications tensionnelles et le degré d'entraînement du sujet. Il obtient les résultats suivants : chez un sujet à entraînement nul, on note un fléchissement immédiat des pressions maxima et minima sous l'influence de l'exercice ; chez un sujet entraîné insuffisamment, les valeurs de la pression maxima s'élèvent d'abord, pendant l'exercice, puis elles subissent quelques oscillations auxquelles succède une « chute définitive et progressive » qui traduirait le fléchissement cardiaque ; chez les individus parfaitement entraînés, les modifications ci-dessus sont légères et les oscillations précédant la chute tensionnelle tendent à prendre des valeurs fixes.

En 1921, Mme Houdre enregistre un abaissement de pression provoqué par l'exercice musculaire modéré.

D'autre part, les effets d'un exercice violent se traduisent par une première phase d'hypertension, au cours de l'exercice, suivie d'une deuxième phase de dépression se manifestant rapidement à la période de repos.

Enfin, en 1926, P. Chailley Bert envisage les variations de pression artérielle pendant toute la durée du travail musculaire, au moyen de sa méthode particulière d'inscription continue.

Pendant la marche ou la course, les pressions maxima et minima s'élèvent et la pression différentielle augmente de valeur, car l'ascension de la maxima est supérieure à celle de la minimum. La pression maximum baisse ensuite et présente un plateau de travail pendant la durée de l'exercice.

Dès la fin de l'expérience, cette pression diminue progressivement et atteint des valeurs normales.

Les phénomènes de fatigue se traduisent par un rapprochement des extrêmes, c'est-à-dire rapprochement des pressions maxima et minima, et par une diminution de la pression différentielle.

L'auteur fait aussi remarquer l'intérêt de l'observation parallèle du pouls et de la pression artérielle au cours des phénomènes de fatigue. Les exercices de grand fond, Marathon (42 kilomètres) par exemple, déterminent une accélération cardiaque et une hausse de pression concomitante, mais, dès l'apparition de la fatigue, les valeurs tensionnelles fléchissent alors que le cœur s'accélère davantage. D'autre part, la pression minima présente toujours une certaine élévation au moment de la fatigue.

En résumé, la plupart des auteurs s'attachent surtout à déterminer les modifications cardiaques et tensionnelles « pendant la durée de l'effort », cette durée étant, d'ailleurs, limitée et restant dans le cadre d'un effort du type intense ou modéré et non dans le cadre du travail prolongé qui nous intéresse.

D'autres expérimentateurs peu nombreux du reste, ont étudié les valeurs du rythme cardiaque avant et après des exercices de longue durée qui se rapprochent de notre type de travail. Cependant, le rôle de la fatigue dans l'accomplissement d'un effort consécuitf, n'a pas retenu leur attention.

Recherches Personnelles

Notre but étant l'étude des variations imprimées par un travail variable sur les éléments cardiaques et tensionnels au cours d'un effort donné, il nous restait donc à déterminer sous quelle forme nous allions effectuer et ce travail et cet effort.

Le cyclisme, qui allie à son agrément propre la qualité d'éliminer en pratique la plupart des contractions musculaires parasites, nous a paru réaliser le type de travail recherché. Nous parcourions à bicyclette des distances variant de 50 kilomètres à 150 kilomètres, en terrain varié. Le nombre de kilogrammètres en résultant était calculé de façon approximative par la formule de Bourlet dont nous parlerons plus loin.

Quant à l'effort invariable que nous devions fournir avant et après l'exécution du travail donné, nous avons pensé que le pédalage sur bicyclette ergographique nous permettrait non seulement d'effectuer cet effort, mais encore de le calculer dans les meilleures conditions de précision.

Le Laboratoire d'Education Physique organisé par notre maître le professeur Louis Hédon nous offrait l'appareillage nécessaire à la réalisation de ces recherches.

Appareillage et techniques expérimentales

LA BICYCLETTE ERGOGRAPHIQUE

Nous décrivons sommairement cet appareil, renvoyant pour les détails de constitution à la thèse d'Andrieu et à celle de Grech.

Cet appareil n'est autre qu'une bicyclette de tourisme ordinaire présentant la particularité essentielle d'être fixée sur un châssis métallique inamovible.

La roue arrière, libre, n'entre pas en contact avec le sol. Le pédalier est muni de cinq roues dentées et actionne, par l'intermédiaire de la chaîne, le pignon du moyeu arrière. Un tour de pédale peut correspondre successivement à 1, 1,33, 1,78, 2,22 et 2,95 tours de la roue. Du côté opposé, une seconde chaîne réalise la jonction avec une dynamo à excitation indépendante. Un tableau électrique fait face à la bicyclette. Ses lampes à filament métallique, réalisant des résistances peuvent être mises en circuit par le cycliste qui actionne les commutateurs fixés sur le guidon. Un ampèremètre et un voltmètre symétriquement disposés à la partie supérieure du tableau, nous rensei-

gnent, l'un sur l'intensité du courant, l'autre sur la vitese de l'induit, voisine de 1.000 tours-minute pour un courant de 110 volts. Au centre du tableau se trouve un wattmètre enregistreur. La courbe de rendement de la dynamo, établie au banc d'essai, ne tient pas compte des pertes par frottement dans les transmissions. Nous ne pouvons donc calculer de façon absolument précise le travail effectué.

Cependant, aux courbes identiques fournies par le wattmètre enregistreur, correspondent des sommes de travail identiques. D'autre part, l'ordre de grandeur de la puissance développée au cours de nos expériences, peut être facilement déterminée.

LES MESURES DU RYTHME CARDIAQUE ET DE LA PRESSION ARTERIELLE

Le pouls radial du sujet, en position assise, était compté au moyen d'un chronomètre de précision et la pression artérielle était déterminée par la méthode ausculatoire. Nous avons utilisé cette dernière méthode par suite du peu de fragilité et de l'encombrement moindre de l'appareil que nous devions emporter au cours de nos randonnées.

Résultats expérimentaux et protocoles d'expérience

Les expériences portent sur deux jeunes gens de 24 et 25 ans, les sujets A et B, sportifs en parfaite santé.

Le sujet A pratiquait le cyclisme, mais n'avait pas, cependant, parcouru de long parcours depuis longtemps. Le sujet B n'avait jamais effectué de randonnée cycliste supérieure à 20 kilomètres environ. Tous deux se trouvaient donc adaptés à ce genre de sport, mais ils manquaient absolument d'entraînement.

Nos expériences se déroulaient en trois temps de la façon suivante :

Premier temps

Les deux sujets d'expérience, après un petit déjeuner léger consistant en un bol ordinaire de café au lait sucré, prenaient, réciproquement l'un sur l'autre, les mesures suivantes :

Pouls radial au repos, en position assise.

Pression artérielle dans les mêmes conditions.

On étudiait également sur le sujet A les modifications respiratoires provoquées par le travail musculaire prolongé, et l'observation de ce sujet au point de vue circulatoire sera partiellement incomplète. Elle fournira ce-

pendant des résultats intéressants qui pourront s'ajouter aux chiffres obtenus chez le sujet B, sur lequel furent étudiées uniquement les réactions circulatoires.

Donc, après avoir noté les valeurs du rythme cardiaque et de la pression artérielle, l'un des deux sujets pédalait sur bicyclette fixe pendant quinze minutes, à la même cadence, la puissance développée étant de l'ordre de 900 kilogrammètres par minute environ. Dès la cessation de cet exercice, le sujet quittait la bicyclette et s'asseyait sur un tabouret. Une minute après, la fréquence du pouls et la pression artérielle étaient soigneusement notées. Quatre minutes et six minutes après, les mêmes mesures étaient effectuées. Ce premier temps était terminé.

Deuxième temps

Les deux jeunes gens réalisaient alors le type de travail musculaire prolongé qui nous intéresse, en parcourant des étapes variant entre 50 et 150 kilomètres. Ce travail musculaire était calculé par la formule de Bourlet :
$(0{,}01 + p)\ P + 0{,}003\ V =$ kilogrammètres par mètre parcouru.

p = Pourcentage des côtes.
P = Poids du cycliste et de la machine.
V = Vitesse.

Ils notaient, d'autre part, les valeurs du pouls et de la pression artérielle, au cours des stades les plus pénibles du parcours.

Troisième temps

Ce troisième temps était absolument identique au premier. La fréquence cardiaque et la pression artérielle

étaient donc évaluées à l'arrivée au laboratoire. Les deux sujets effectuaient successivement le travail musculaire invariable sur bicyclette fixe dans les mêmes conditions, et les mesures du pouls et de la pression sanguine étaient à nouveau effectuées suivant les mêmes principes.

Ajoutons encore que le temps de retour au calme était noté dans de nombreuses expériences.

PREMIERE EXPERIENCE (I) — Sujet B

5 juillet 1936

I. — Avant le parcours :

—A. — Mesures effectuées une minute avant l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 72 pulsations par minute.
2. Pression artérielle : 10,5 x 6.
3. Poids : 71 k. 300.

B. — Mesures effectuées, une minute après l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 140.
2. Accélération absolue : 68.
3. Pression artérielle :12,5 x 6,5.
4. Poids : 71 k. 100.

II. — Travail musculaire prolongé : 143.285 kilogrammètres, représentant un parcours de 60 kilomètres sur routes relativement accidentées.

III. — Après le parcours :

A. — Mesures effectuées une minute avant l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 76.
2. Pression artérielle : 12 x 8.
3. Poids

B. — Mesures effectuées une minute après l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 120.
2. Accélération absolue : 44.
3. Pression artérielle : 12,5 x 8.
4. Poids : 70 k. 300.

Au cours du passage dans certains villages et au sommet d'une côte assez importante, nous avons observé une fréquence cardiaque de 88, de 76 à mi-parcours, et de 112 au sommet de la côte. Les valeurs de la pression artérielle aux mêmes périodes étaient de 13,5 x 8, 12 x 7, 14 x 8,5.

DEUXIEME EXPERIENCE (II) — Sujet B.

7 juillet 1936

I. — Avant le parcours :

A. — Mesures effectuées une minute avant l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 64.
2. Pression artérielle : 12,5 x 6,5.
3. Poids : 71 k. 600.

B. — Mesures effectuées une minute après l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 124.
2. Accélération absolue : 60.
3. Pression artérielle : 14 x 7.
4. Poids : 71 k. 450.

II. — Travail musculaire prolongé : 306.000 kilogrammètres représentant un parcours de 90 kilomètres sur routes très accidentées.

III. — Après ce parcours :

A. — Mesures effectuées une minute avant l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 84.
2. Pression artérielle : 10,5 x 7.
3. Poids

B. — Mesures effectuées une minute après l'exécution des quinze minutes de travail sur bicyclette ergographique :

1. Fréquence cardiaque : 104.
2. Accélération absolue : 20.
3. Pression artérielle : 12,5 x 7,5.
4. Poids : 70 k. 600.

Au sommet d'une première côte peu importante, le pouls est à 88, la pression artérielle 13 x 7. Une deuxième côte, de pourcentage plus sévère, détermine une accélération cardiaque de 120 pulsations par minute ; la pression artérielle est 13 x 8.

Au sommet d'une troisième côte à peu près identique à la seconde, l'accélération du pouls est moindre : 88 pulsations par minute, pression artérielle, 13 x 8.

Les diverses expériences qui vont suivre, sont exposées suivant le même plan. Nous renverrons donc le lecteur au tableau général où sont consignés les résultats obtenus depuis la troisième expérience. Les deux premières n'ont pas été retenues dans le tableau, car elles sont antérieures d'un an aux suivantes et ne peuvent nous permettre de conclure sur la valeur de l'entraînement. Les courbes du rythme cardiaque et de la pression artérielle doivent également être consultées à propos de chaque expérience et nous ne ferons que citer, dans l'exposé qui suit, les valeurs tensionnelles et de fréquence, notées pendant certaines phases du parcours.

TROISIEME EXPERIENCE (III) — Sujet B

5 janvier 1937

Le travail effectué est de l'ordre de 96.725 kilogrammètres, représentant un parcours de 50 kilomètres sur routes nullement accidentées.

QUATRIEME EXPERIENCE (IV) — Sujet B

11 janvier 1937

Travail effectué : 359.200 kilogrammetres, représentant un parcours de 92 kilomètres sur routes moyennement accidentées.

Durant le parcours, nous avons noté les valeurs suivantes de pression sanguine et de fréquence cardiaque :

En terrain peu accidenté : pouls : 76 ; pression artérielle : 11,5 x 8,5.

Peu de temps après : pouls, 72 ; pression artérielle : 11 x 7.

Au sommet d'une côte importante : pouls : 96 ; pression artérielle : 13 x 7.

Au pied de cette même côte (parcours de retour), après un déjeuner ordinaire : Pouls : 100 ; pression artérielle : 11 x 7.

Au sommet : Pouls 106 ; pression artérielle : 13 x 7.

CINQUIEME EXPERIENCE (V)

15 janvier 1937

Sujet B :

Travail effectué : 171.125 kilogrammètres représentant un parcours de 70 kilomètres, comprenant plusieurs côtes. A partir de cette expérience, les réactions circulatoires sont étudiées, une minute, quatre minutes et six minutes après la cessation du travail sur bicyclette fixe.

Sujet A (V). — Travail effectué : 195.125 kilogrammètres environ, sur le même parcours.

SIXIEME EXPERIENCE (VI)

19 janvier 1937

Sujet B :

Travail effectué : 315.000 kilogrammètres, représentant un parcours de 110 kilomètres moyennement accidenté. Au sommet d'une côte de pourcentage moyen, le pouls est de 84, la pression artérielle : 12 x 7,5.

En terrain plat : pouls : 84 ; pression artérielle : 12 x 8.

Au sommet de la première côte (parcours de retour), après le déjeuner habituel : pouls : 104 ; pression artérielle : 13 x 8.

Sujet A (VI). — Travail effectué : 339.000 kilogrammètres sur le même parcours.

SEPTIEME EXPERIENCE (VII)

26 janvier 1937

Sujet B :

Travail effectué : 538.000 kilogrammètres, représentant un parcours de 140 kilomètres en terrain plat, mais réalisé, pendant 70 kilomètres contre un vent extrêmement violent.

Sujet A (VII). — Travail effectué : 562.000 kilogrammètres dans les mêmes conditions.

HUITIEME EXPERIENCE (VIII)

29 janvier 1937

Sujet B :

Travail effectué : 468.600 kilogrammètres, représentant un parcours de 150 kilomètres en terrain extrêmement accidenté.

Sujet A (VIII). — Travail effectué : 492.000 kilogrammètres dans les mêmes conditions.

NEUVIEME EXPERIENCE (IX)

4 février 1937

Sujet B :

Travail effectué : 171.125 kilogrammètres, représentant un parcours de 70 kilomètres comprenant plusieurs côtes.

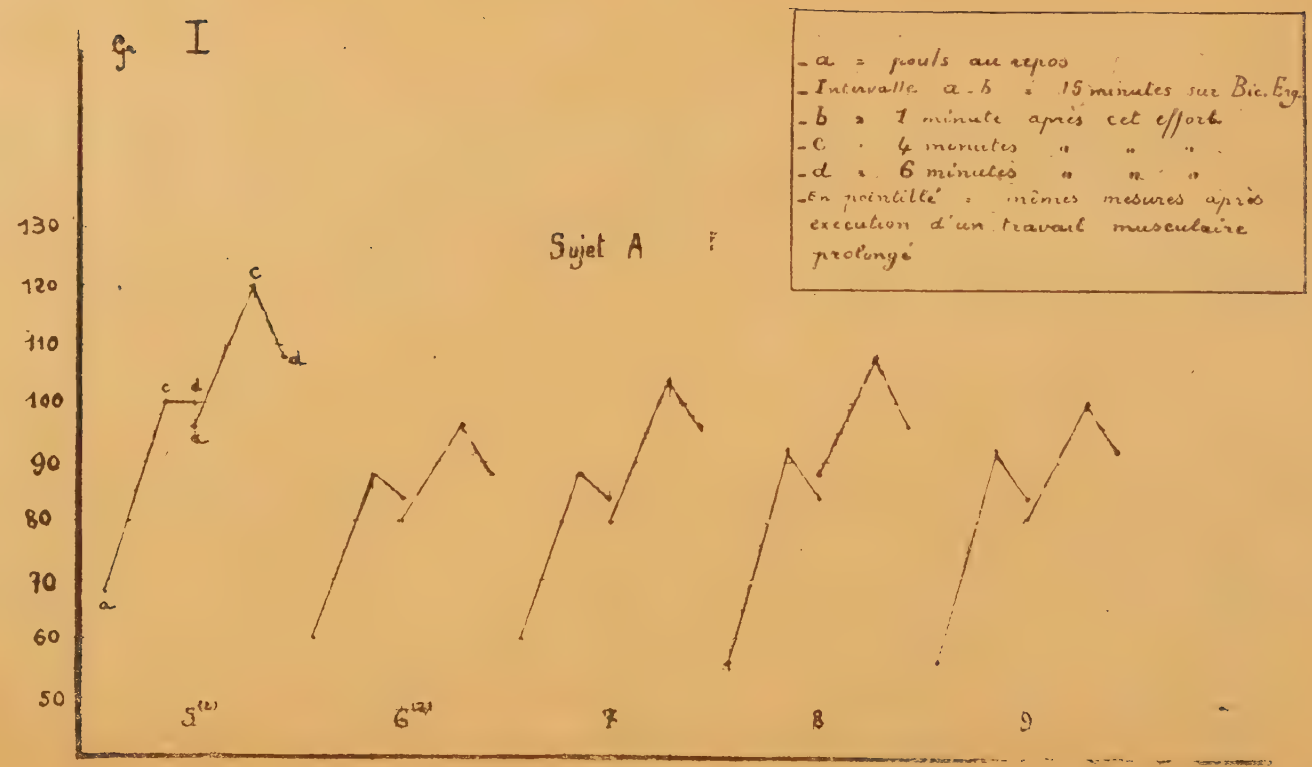
Sujet A (IX). — Travail effectué : 195.125 kilogrammètres dans les mêmes conditions.

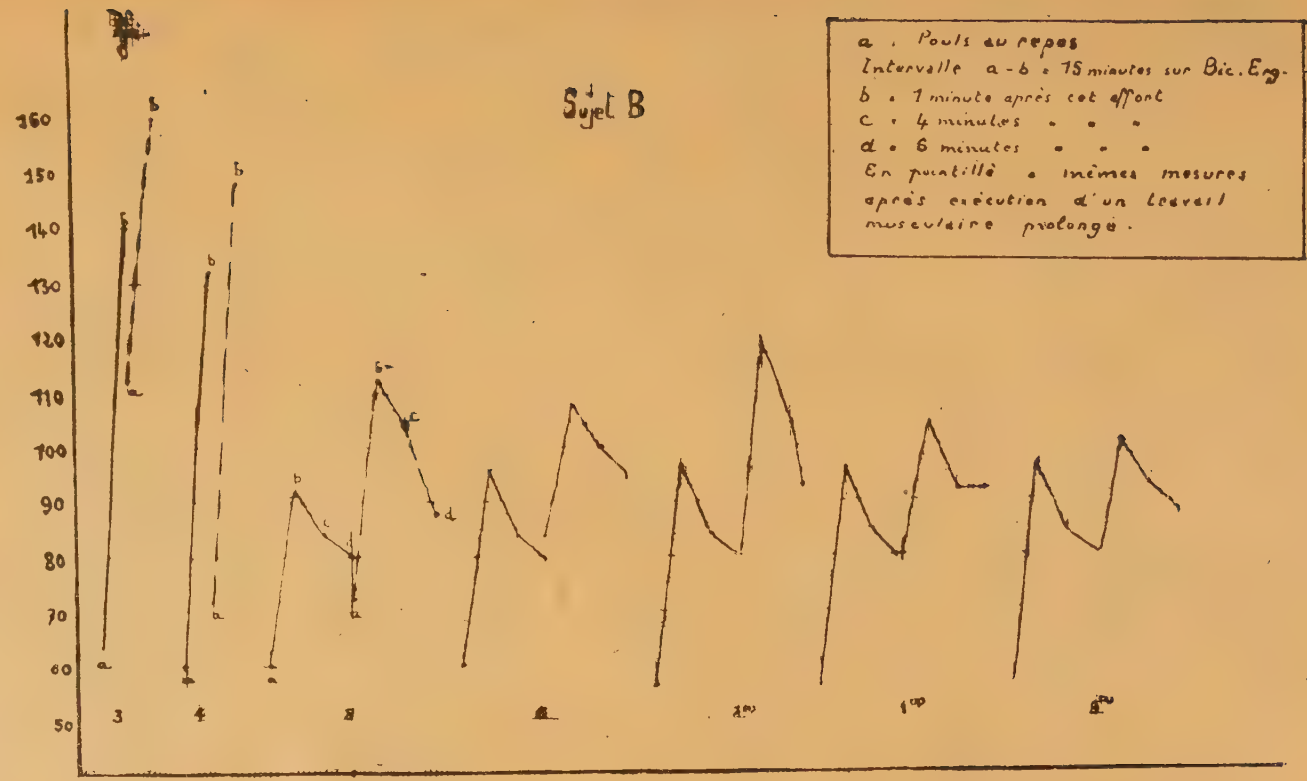
Expériences	Rythme cardiaque			Accélération absolue			Tension maxima			Tension maxima			Tension différentielle		
N°d'ordre Sujet B	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'
III															
1. Au repos	64	—	—	—	—	—	11,5	—	—	6	—	—	5,5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	140	—	—	76	—	—	12,5	—	—	7	—	—	5,5	—	—
3. A l'arrivée	112	—	—	—	—	—	9,5	—	—	5	—	—	4,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	160	—	—	48	—	—	11	—	—	6	—	—	5	—	—
IV															
1. Au repos	60	—	—	—	—	—	10,5	—	—	5	—	—	5,5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	132	—	—	72	—	—	13,5	—	—	7	—	—	6,5	—	—
3. A l'arrivée	72	—	—	—	—	—	9,5	—	—	6	—	—	3,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	148	—	—	76	—	—	11,5	—	—	7	—	—	4,5	—	—
V															
1. Au repos	60	—	—	—	—	—	10,5	—	—	6	—	—	4,5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	92	84	80	32	24	20	13,5	11,5	11	7	7	6,5	6,5	4,5	4
3. A l'arrivée	72	—	—	—	—	—	9	—	—	6	—	—	3	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	112	104	88	40	32	16	12	11	10,5	6,5	7	6,5	5,5	4	4

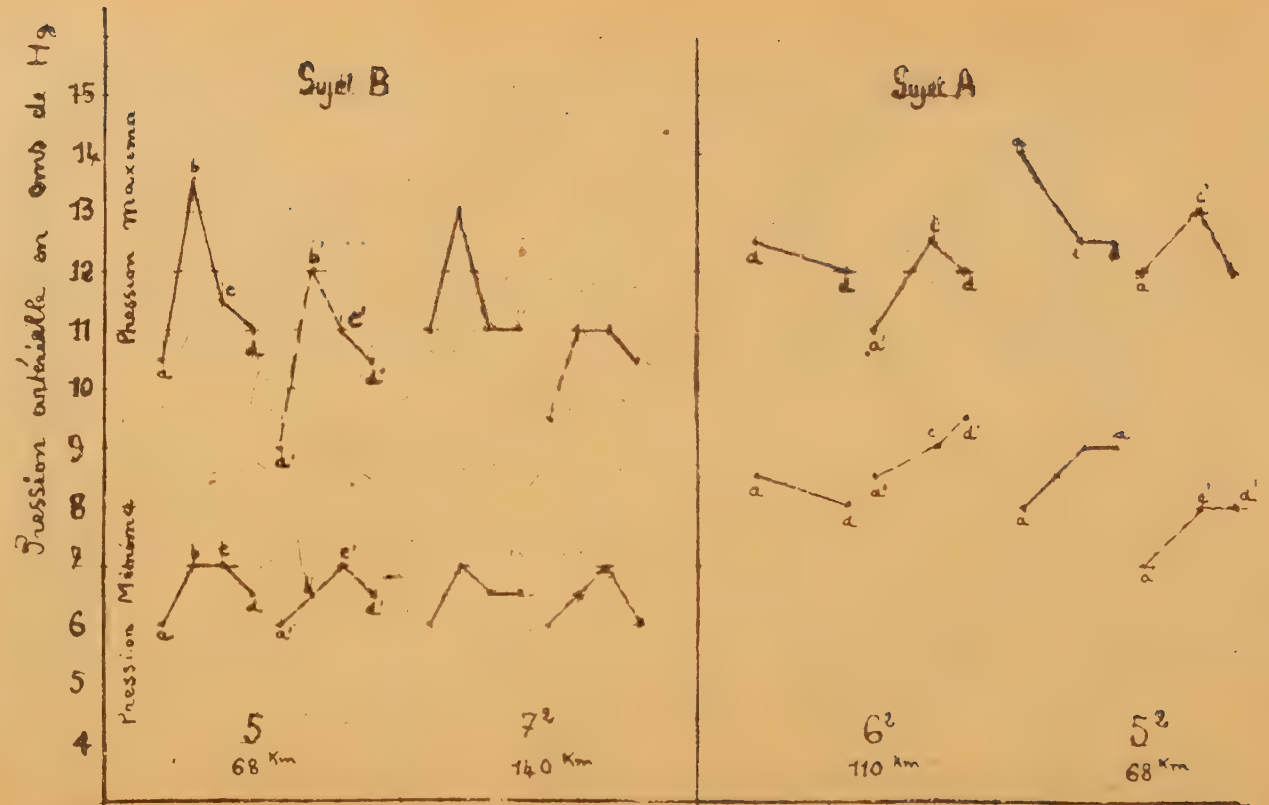
VI															
1. Au repos	60	—	—	—	—	—	10,5	—	—	6	—	—	5,5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	96	84	80	36	24	20	13,5	12	10,5	6,5	7	5	7	5	5,5
3. A l'arrivée	84	—	—		—	—	10	—	—	6,5	—	—	3,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	108	100	96	24	16	12	11	11	10,5	7	7	6,5	4	4	4
VII															
1. Au repos	56	—	—	—	—	—	11	—	—	6	—	—	5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	96	84	80	40	28	24	13	11	11	7	6,5	6,5	6	4,5	4,5
3. A l'arrivée	76	—	—	—	—	—	9,5	—	—	6	—	—	3,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	120	104	92	44	28	16	11	11	10,5	6,5	7	6	4,5	4	4,5
VIII															
1. Au repos	56	—	—	—	—	—	11,5	—	—	6,5	—	—	5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	96	84	80	40	28	24	13,5	12	11,5	7,5	7	7	6	5	4,5
3. A l'arrivée	80	—	—	—	—	—	10,5	—	—	5	—	—	5,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	104	92	92	24	12	12	12	11	10,5	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4
IX															
1. Au repos	56	—	—	—	—	—	11,5	—	—	6	—	—	5,5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	96	84	80	40	28	24	13	12	11,5	7,5	7	7	5,5	5	4,5
3. A l'arrivée	80	—	—	—	—	—	10,5	—	—	5,5	—	—	5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	100	92	88	20	12	8	11,5	11	10,5	7	7,5	7	4,5	3,5	3,5

Expériences N°d'ordre Sujet A	Rythme cardiaque			Accélération absolue			Tension minima			Tension minima			Tension différentielle		
	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'	1' ap.	4'	6'
V															
1. Au repos	68	—	—	—	—	—	14	—	—	8	—	—	6	—	—
2. Ap.15, bic.erg.	—	100	100	—	32	32	—	12,5	12,5	—	9	9	—	3,5	3,5
3. A l'arrivée	96	—	—	—	—	—	12	—	—	7	—	—	5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	—	120	108	—	24	12	—	13	12	—	8	8	—	5	4
VI															
1. Au repos	60	—	—	—	—	—	12,5	—	—	8,5	—	—	4	—	—
2. Ap.15, bic.erg.	—	88	84	—	28	24	—	—	12	—	—	8	—	—	4
3. A l'arrivée	80	—	—	—	—	—	11	—	—	8,5	—	—	2,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	—	96	88	—	16	8	—	12,5	12	—	9	9,5	—	3,5	2,5
VII															
1. Au repos	60	—	—	—	—	—	12	—	—	7	—	—	5	—	—
2. Ap.15'bic.erg.	—	88	84	—	28	24	—	12,5	12,5	—	8	8,5	—	4,5	4
3. A l'arrivée	80	—	—	—	—	—	10,5	—	—	8,5	—	—	2	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	—	104	96	—	24	16	—	12	12	—	8	8	—	4	4

1. Au repos	56	—	—	—	—	—	11,5	—	—	7,5	—	—	4	—	—
2. Ap.15, bic.erg.	—	92	84	—	36	28	—	12	11,5	—	8	8	—	4	3,5
3. A l'arrivée	88	—	—	—	—	—	10,5	—	—	7	—	—	3,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	—	108	96	—	20	8	—	12	11,5	—	8,5	9	—	3,5	2,5
IX															
1. Au repos	56	—	—	—	—	—	11,5	—	—	7,5	—	—	4	—	—
2. Ap.15, bic.erg.	—	92	84	—	36	28	—	12	12	—	8	8,5	—	4	3,5
3. A l'arrivée	80	—	—	—	—	—	10,5	—	—	8	—	—	2,5	—	—
4. Ap.15'bic.erg.	—	100	92		20	12	—	12	12	—	8,5	8,5	—	2,5	3,5


Gr I
Sujet A
- a = pouls au repos
- Intervalle a-b : 15 minutes sur Bic. Erg.
- b : 1 minute après cet effort
- c : 4 minutes " " "
- d : 6 minutes " " "
- En pointillé : mêmes mesures après exécution d'un travail musculaire prolongé
130
120
110
100
90
80
70
60
50
a
b
c
d
5(2)
6(2)
7
8
9


Sujet B
a . Pouls au repos
Intervalle a-b = 15 minutes sur Bic. Erg.
b = 1 minute après cet effort
c = 4 minutes = = =
d = 6 minutes = = =
En pointillé = mêmes mesures après exécution d'un travail musculaire prolongé.
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
3
4
8
1er
1er
2e



NB- Les mêmes modifications se reproduisant dans toutes les expériences nous avons fourni 4 exemples et non toute la série des courbes.

Discussion des Expériences

Nous avons poursuivi, au cours de ces recherches, l'étude des réactions circulatoires suivantes :

1° Variations du rythme cardiaque et accélération absolue. Rôle de la fatigue.

2° Durée de retour au calme.

3° Variations des pressions maxima, minima et différentielle.

4° Influence de l'entraînement.

I. Variations du rythme cardiaque. Accélération absolue. Rôle de la fatigue.

Nous avons noté, sur nos différentes courbes du rythme cardiaque, les variations ci-dessous ;

1° Persistance de l'accélération cardiaque une minute après cessation de l'effort.

2° Diminution brusque de la fréquence cardiaque, quatre minutes après, se rapprochant de la « *chute primaire* » de Bowen.

3° Diminution lente et progressive du rythme cardiaque, à la sixième minute, constituant, en quelque sorte, la « *chute secondaire* » de l'auteur précité.

L'intensité de l'accélération cardiaque présente surtout de l'intérêt lorsqu'on la considère en rapport avec le degré d'entraînement. Nous étudierons donc ses variations dans le dernier chapitre. Plus importants sont les chiffres de « *l'accélération absolue* ». Les valeurs de cette accélération absolue sont observées avant et après l'exécution du travail prolongé, et les chiffres obtenus sont toujours plus faibles dans le second temps. Donc, *sous l'influence de la fatigue, la fréquence cardiaque présente une élévation moins intense.*

Nous retrouvons ce phénomène dans toutes nos expériences. Examinons les résultats, par exemple, du tableau VI. L'accélération absolue, avant le parcours, est de l'ordre de 36, une minute après, 24, quatre minutes après, et 20 six minutes après. Après le parcours, au moment où l'organisme commence à ressentir les effets de la fatigue, cette accélération absolue présente des valeurs nettement inférieures aux précédentes : 24, une minute après, 16 quatre minutes après, 12, six minutes après.

Dans une seule expérience, consignée dans le tableau IV, l'accélération absolue de fatigue est supérieure à celle de repos. La différence est cependant minime : 72 avant le parcours, 76 après. Nous pouvons, d'autre part, alléguer que les mesures ne purent être effectuées qu'une minute après, et les valeurs qui devaient être notées quatre minutes et six minutes après, n'ont pas été enregistrées par suite d'obligations extra-expérimentales. A la quatrième ou sixième minute, l'accélération absolue de fatigue n'aurait-elle pas diminuée comme dans les autres expériences ?

C'est ce que nous observons dans plusieurs autres tableaux, tel le tableau VII, dans lequel l'accélération absolue de fatigue n'est inférieure à celle de repos qu'au bout de la sixième minute. Les valeurs sont les suivantes :

Avant le parcours :

1 minute après : 40.
4 minutes après : 28.
6 minutes après : 24.

Après le parcours :

1 minute après : 44.
4 minutes après : 38.
6 minutes après : 16.

Nous mentionnerons aussi le phénomène de l'accélération persistance du rythme cardiaque qui est évidente à la fin de toutes nos randonnées. Ainsi dans le tableau IX, par exemple, le pouls de repos est de 56, le pouls enregistré après exécution du travail prolongé est de 80 et persiste à ce chiffre assez longtemps.

Les mêmes observations s'appliquent à toutes les autres expériences.

II. — *Durée de retour au calme.*

Nous n'avons pu étudier la durée de retour au calme que dans un petit nombre d'expériences.

Au cours de l'étape représentée dans le tableau IV (359.200 kilogrammètres), le retour au calme s'effectuait en 70 minutes.

Dans l'expérience du tableau V (195.125 kilogrammètres), le retour au calme s'observait à la 60e minute.

Le tableau VI représente une randonnée de 100 kilomètres (339.000 kilogrammètres), au cours de laquelle le retour au calme s'effectuait en 50 minutes.

Le tableau VII nous fournit l'exemple de l'expérience la plus épuisante. Les valeurs du rythme cardiaque de repos n'étaient atteintes qu'après trois heures et 30 minutes.

III. — *Variations des pressions maxima, minima, différentielle.*

La *pression maxima,* comme la plupart des auteurs l'ont observé, subit une élévation pendant le travail musculaire intense, puis elle diminue brutalement dès la cessation du travail ; elle continue à baisser ensuite lentement ou se stabilise parfois à une valeur donnée.

Examinons, par exemple, la courbe enregistrée au cours de l'expérience numéro V :

a) Pression maxima au repos : 10,5.

b) Pression maxima une minute après quinze minutes de travail sur bicyclette fixe : 13,5.

c) Quatre minutes après : 11,5.

d) Six minutes après : 11.

Nous remarquons donc : une élévation de pression de 10,5 à 13,5, une chute brusque de 13,5 à 11,5 et enfin une diminution lente de 11,5 à 11.

En général, nous observons, au cours de toutes nos expériences :

Une persistance de l'élévation de pression, une minute après cessation de l'effort.

Une diminution de pression quatre minutes et six minutes après.

La *pression maxima* subit des variations moins accentuées :

Elévation constante une minute après,

Réactions variables quatre minutes et six minutes après.

La pression minima, quatre minutes après cessation de l'effort, peut s'élever encore, diminuer parfois, se stabili-

ser enfin dans d'autres cas. Six minutes après, elle diminue habituellement ou présente un plateau.

Les modifications de la *pression différentielle* relèvent des variations précédentes. Enregistrées après nos parcours de longue durée, les valeurs de cette pression différentielle sont toujours inférieures aux valeurs de repos. Ainsi, dans l'expérience V, le chiffre de repos est 4,5 ; il s'abaisse à 3 après le parcours. Il en est de même au cours des autres randonnées.

Examinons, maintenant, les valeurs des pressions maxima et minima à la suite de l'exercice musculaire prolongé. La pression maxima, après le parcours, est toujours plus basse. Les modifications provoquées ensuite par les quinze minutes de travail invariable sur bicyclette fixe, sont du même ordre que les modifications envisagées avant exécution du travail de durée prolongée.

La pression minima ne baisse pas, après le parcours, et subit les mêmes modifications précédemment définies.

IV. — *Influence de l'entraînement.*

Sous l'influence de l'entraînement, l'*intensité de l'accélération cardiaque tend à diminuer progressivement.* Ainsi que nous l'observons dans les deux courbes des graphiques I et II, elle serait donc un test d'entraînement et de bonne adaptation du cœur.

D'autre part, si nous observons la fréquence cardiaque de repos, nous constatons qu'elle diminue avec l'entraînement. Dans le graphique I, le rythme cardiaque au repos est de 68 au début des expériences alors que l'entraînement est nul ; il n'est plus que de 56 dans les deux dernières courbes, après entraînement.

Dans le graphique II, mêmes observations : rythme cardiaque :

1° Avant l'entraînement : 64.

2° Après l'entraînement : 56.

Cette bradycardie d'entraînement a déjà fait l'objet de plusieurs études, et il nous a paru intéressant de la signaler ici.

En conclusion :

1° Accélération cardiaque persistante peu importante à l'arrivée.

2° Diminution de l'intensité de l'accélération cardiaque sous l'influence de l'entraînement.

3° Diminution de l'accélération absolue sous l'influence de la fatigue.

4° Durée de retour au calme, de 60 minutes à 3 heures 30.

5° Abaissement des valeurs de la pression artérielle et modifications particulières comparables à celles que l'on observe au cours d'un effort d'intensité moyenne.

6° Bradycardie d'entraînement.

Il resterait à asseoir ces conclusions sur un plus grand nombre d'expériences et de sujets et à les compléter surtout par une analyse plus approfondie des réactions circulatoires au cours de ces exercices musculaires de durée vraiment prolongée.

Bibliographie

ANDRIEU (E.). — Ventilation et échanges gazeux pulmonaires au cours de l'exercice musculaire prolongé. (*Thèse de Montpellier*, 12 Mars 1937).

BELLIN DU COTEAU. — Les efforts ; leur retentissement cardio-pulmonaire. Le cœur sportif. (*Bull. Acad. Méd.* 18 Mars 1924).

BENEDICT et CATHCART. — Muscular work. A métabolic study. with spécial référence to the efficiency of the human body as a machine. (*Carnégie institution of Washington*, 1913, N° 187).

BINET (L.). — Activité musculaire et réactions circulatoires. (*Presse médicale*, (10 décembre 1927).

BOIGEY. — Manuel scientifique d'Education Physique. (*Masson, éditeur*).

BOURLET. — Nouveau traité de bicycles et de bicyclettes (20 mars 1898), *Masson, Editeur*).

BOWEN (W. P.). — Changes in heart rate, blood pressure and duration of systole resulting from bicycling. (*Amér. J. of physiol.*, 1904 vol. II, p. 59-57.

CHAILLEY BERT et LANGLOIS (J. P.). — Pression artérielle et travail musculaire. (*C. R. de la Société de Biologie*, vol. I, page. 725-727).

GARABED STEPHAN. — Le cœur des sportifs. (*Thèse de Montpellier*, 20 Juin 1931).

GRECH. — Contribution à l'étude de l'influence de la fatigue sur le rendement du travail musculaire. (*Thèse Montpellier*, 1932).

HOUDRE (Mme). — Pression artérielle au cours de l'exercice. (*Vie Médicale*, Paris 1921, p. 499-501).

KNIPFER (A.). — Précis de Médecine du sport, (p. 41, *G. Doin*, éditeur).

MARTIN, GRUBER, LANMAN. — Body température and pulse rate in man after muscular exercice. (*Amér. J. of. physiol.*, 1914, *vol.* 35), p. 211-223).

MERKLEN (L.). — Le rythme du cœur au cours de l'activité musculaire et notamment des exercices sportifs. (*Thèse de Nancy*, 1926).

PACHON (V.). — Education physique et critères fonctionnels. Les variations de pression artérielle critères d'entraînement. (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 14 Mai 1910, vol. 1, p. 869-871.

PIEDALLU (P.). — Les phénomènes cardio-vasculaires engendrés par l'effort. (*Thèse de Paris*, 1925).

Serment

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !